Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 16, No. 1, June 2025, pp. 1-19

Original Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86391.1079

The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Its Related Traits in Promising Chiti Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes under Zanjan Province Climatic Condition

Seyedeh Soudabeh Shobeiri[1], Ali Akbar Asadi[1]*

Received: 22-01-2024
Revised: 21-02-2024
Accepted: 04-04-2024
Available Online: 12-11-2024

Cite this article:
Shobeiri, S. S., & Asadi, A. A. (2025). The effect of deficit irrigation on yield and its related traits in promising chiti bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under Zanjan province Climatic condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, *16*(1), 1-19. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86391.1079

Introduction
Given that successive droughts, particularly recent ones, have impacted most regions of Iran, drought stress is recognized as one of the major challenges for crop production in the country's arid and semi-arid regions. Beans grow in a wide range of areas that are subject to seasonal droughts and wide fluctuations in soil moisture in different years. Nevertheless, drought stress causes a significant decrease in bean seed yield, and the amount of yield decrease is different depending on the time, stress intensity and studied genotype. Due to environmental conditions in areas where bean cultivation is common, water deficit may occur more than once during the crop growth cycle. In addition, when a dry period (two to three weeks) occurs, especially during flowering, yield reduction will be significant. Drought-adapted cultivars in beans require less water for irrigation and thus help conserve water resources. Despite the desire of farmers to maximize the use of irrigation to increase production in dry and semi-arid conditions, even in the absence of water restrictions, excessive irrigation is not logical; therefore, in such a situation, the efficiency of water consumption in the farm should be optimized. Deficit irrigation is an optimization strategy that purposefully allows the plant to tolerate some degree of deficit irrigation and reduced yield. Several studies show that lack of irrigation causes a significant decrease in the number of seeds, seed weight, number of fertile pods, number of seeds in pod, seed yield, biological yield and harvest index. Of the two main components of seed yield (seed number and seed weight), seed number shows higher sensitivity to water deficit. In this regard, in this research, it has been tried to evaluate the effects of drought stress on yield and yield components in 16 genotypes and cultivars of chiti beans and determine the genotypes with optimal yield under water limitation conditions.

Materials and Methods
In order to investigate the effects of deficit irrigation on some phenological and yield traits of chiti beans, 14 promising chiti bean genotypes obtained from breeding programs along with Sadri and Kosha control cultivars, in two consecutive crop years from 2022 to 2023, at Kheirabad Zanjan Research Station, in two conditions normal irrigation (irrigation cycle of 5 days) and deficit irrigation (irrigation cycle of 9 days) were investigated. The experiment was performed at both conditions and in both years, as basic of complete randomized blocks design with 3 replications. Combined variance analysis and mean comparisons were performed and simple correlation coefficients between traits and stepwise regression analysis of traits affecting grain yield in both irrigation conditions were calculated.

Results and Discussion
Variance analysis showed that there was a significant difference between the 5 and 9 day irrigation cycles in the number of plants per plot and the number of pods per plant at the 1% level, and in the plant height and yield at the 5% level. There was significant difference between genotypes in terms of all the studied traits (except the number of plants in plot) at the probability level of 1%. Irrigation cycle of 9 days decreased plant height, seed yield and its components including number of pods per plant, number of seeds per pod and 100 seed weight. G8, G10, G14 and G15 genotypes had the highest and G13 and G2 genotypes had the lowest seed yield. Correlation analysis showed that in irrigation cycles of 5 and 9 days, there is the highest relationship between seed yield and the number of pods per plant. On the

1- Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran
* Corresponding Author: asadipm@gmail.com

other hand, in the 5-day irrigation cycle, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, and the 100 seed weight, and in the 9-day irrigation cycle, only the number of pods per plant were included in the regression model and had the greatest impact on seed yield.

Conclusions
The number of pods per plant, the number of seeds per pod and the 100 seed are considered the most important components affecting seed yield and by justifying the large amount of changes in seed yield, they can be used as important traits to improve bean yield in breeding programs in different conditions. Therefore, G8 genotype with the highest number of pods per plant and high weight of 100 seeds can be introduced as a favorable genotype for cultivation in dry conditions.

Keywords: Bean, Correlation analysis, Irrigation cycle, Regression analysis

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۶، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۴، ص. ۱۹-۱

نوع مقاله: پژوهشی
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86391.1079

تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و صفات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های امیدبخش لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط اقلیمی استان زنجان

سیده سودابه شبیری[1]، علی‌اکبر اسدی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۶

چکیده

جهت بررسی اثرات کم‌آبیاری بر برخی از صفات فنولوژیک و زراعی لوبیا چیتی و انتخاب ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در شرایط محدودیت آبی، ۱۴ ژنوتیپ امیدبخش لوبیا چیتی حاصل از برنامه‌های اصلاحی در دو سال زراعی متوالی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ به همراه ارقام شاهد صدری و کوشا در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان در دو شرایط آبیاری نرمال (دور آبیاری پنج روز) و کم‌آبیاری (دور آبیاری نُه روز) مورد بررسی قرار گرفتند. بین دورهای آبیاری پنج و نه روز، در صفات تعداد بوته در کرت و تعداد غلاف در گیاه در سطح یک درصد و در صفات ارتفاع بوته و عملکرد در سطح پنج درصد و بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر تمامی صفات مورد مطالعه (به‌جز تعداد بوته در کرت) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. دور آبیاری نُه روز باعث کاهش ارتفاع گیاه، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه شد. ژنوتیپ‌های G8، G10، G14 و G15 دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های G13 و G2 دارای کمترین عملکرد بودند. تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه مهم‌ترین اجزاء مؤثر بر عملکرد دانه بودند و با توجیه میزان زیادی از تغییرات موجود در عملکرد، می‌توانند برای بهبود عملکرد لوبیا در برنامه‌های اصلاحی جهت شرایط مختلف محیطی قابل توجه باشند. ژنوتیپ G8 با دارا بودن بیشترین تعداد غلاف در بوته و وزن ۱۰۰ دانه بالا می‌تواند به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب جهت کشت در شرایط نرمال و کم‌آبیاری معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون، تجزیه همبستگی، دور آبیاری، لوبیا

مقدمه

لوبیا یکی از منابع تأمین پروتئین گیاهی در تغذیه مردم کشور بوده و در مناطق مختلف استان زنجان نیز کشت می‌شود. سطح زیر کشت لوبیا در استان زنجان در سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ حدود ۱۲۱۰۵ هکتار، میزان تولید آن حدود ۳۴۵۱۱ کیلوگرم با متوسط عملکرد ۲۸۵۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Agricultural statistics for the year 2018-2019). به‌دلیل ارزش غذایی لوبیا به‌ویژه پروتئین بالای آن (۲۳-۱۸ درصد)، ارزش اقتصادی و مزیت نسبی آن در صادرات، توجه به اصلاح این گیاه و تولید ارقام برتر از اهمیت زیادی برخوردار است (Dorri et al., 2017).

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید لوبیا در سراسر جهان می‌باشد (Teran & Sing, 2002). بااین‌حال، لوبیا در بخش وسیعی از مناطقی که در معرض خشکی‌های فصلی و نوسانات گسترده رطوبت خاک در سال‌های مختلف قرار دارند، رشد می‌کند (Pessarakli, 2001). تنش رطوبتی در نواحی خشک با میزان بارش سالانه کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر، نیمه‌خشک با میزان بارش سالانه ۵۰۰-۲۵۰ میلی‌متر و یا مناطق نیمه‌مرطوب با میزان بارش سالانه ۱۵۰۰-۵۰۰ میلی‌متر رخ می‌دهد (Stephens, 1994). در این مناطق، هر جا که تولید لوبیا به الگوهای نامنظم توزیع بارش بستگی داشته باشد، کمبود آب ممکن است بیش از یک بار در طول چرخه رشد محصول رخ دهد. شدت و طول مدت تنش، تعیین‌کننده درجه کاهش عملکرد نسبت به پتانسیل محصول است. علاوه‌براین، هنگامی‌که یک دوره خشکی (دو تا سه هفته) مخصوصاً در زمان گل‌دهی اتفاق افتد، کاهش عملکرد قابل توجه خواهد بود. ارقام سازگار به خشکی در لوبیا، جهت آبیاری به آب کم‌تری نیاز دارند و در نتیجه، به حفاظت از منابع طبیعی کمک می‌کنند. تنش رطوبتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه لوبیا می‌شود و مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه متفاوت است (Frahm et al., 2004). جرمن و تران

۱- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
(*- نویسنده مسئول: asadipm@gmail.com)

(German & Teran, 2006) بیان داشته‌اند کـه خشـکی باعـث کاهش عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه لوبیا می‌شود. ارقامی که بیشترین عملکرد را تحـت شـرایط تنش داشتند، دارای بیشترین تعداد غلاف و دانه در بوته بودنـد. علت تفاوت عملکرد دانه ارقام تحت شرایط تنش، بیشتر ناشی از مقاومت در توزیع مواد خشک در شرایط تنش بود. تنش کم‌آبی، عملکرد دانه، اجزاء عملکرد، زیست‌توده اندام هـوایی، روز تـا پـر شدن دانه و رسیدگی، شاخص برداشت، طول دوره پر شدن دانه، هدایت روزنه‌ای و محتوای آب نسبی برگ را به‌طور معنـی‌داری در لوبیا کاهش می‌دهـد (Ramirez-Vallejo & Kelly, 1998). تنش خشکی متوسط تا شدید می‌تواند زیست‌توده، تعداد دانه در بوته، تعـداد دانـه در غـلاف، تعـداد روز تـا رسـیدگی، شـاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد (Ramirez-Vallejo & Kelly, 1998). با بررسی آبیاری محـدود بـر رونـد رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاچیتی مشخص شد که بـا تشـدید کمبود آب، عملکرد دانه به‌طور چشمگیری کاهش خواهد یافـت و در این راستا، با افزایش شـدت تـنش، درصـد پوشـش سـبز، سرعت رشد محصول، تولید ماده خشک و سـرعت رشـد نسـبی نیزکاهش می‌یابند (Khoshvaghti et al., 2008). همچنـین در تحقیقی دیگر با بررسـی تـنش خشـکی در ارقـام لوبیـا چیتـی مشخص شد که مراحل گل‌دهی، غلاف‌بندی و پـر شـدن دانـه، بیشترین واکنش را به تـنش خشـکی نشـان دادنـد و تـنش در مرحله غلاف‌بندی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانـه نسـبت بـه سایر مراحـل شـد (Faramarzi et al., 2008). از طـرف دیگـر، تنش خفیف خشکی در هر دو مرحله رویشی و زایشـی موجـب کاهش عملکرد دانه می‌شود و عملکـرد دانـه حاصـل از شـرایط تنش در مرحله رویشی، کمتر از عملکرد دانه حاصـل از شـرایط تنش در مرحله زایشی به رطوبت وابسته بـود (Nasirzadeh et al., 2008). کمبود آب باعث عدم تکامل ساختارهای زایشی یـا ریزش آن‌ها در لوبیا شده و تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته را کاهش می‌دهد (Singh, 2007).

بـا توجـه بـه اینکـه خشکسـالی‌های متـوالی بـه‌ویژه خشکسالی‌های اخیر اغلب مناطق ایران را تحت تأثیر قرار داده است، تنش خشکی به‌عنوان یکی از چالش‌هـای تولیـد گیاهـان زراعی در کشور و حتی دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شناخته شـده اسـت (Ebadi et al., 2016). ایـران بـا متوسـط بارندگی سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب شده و نیمی از اراضی قابل‌کشت کشور در این منـاطق قرار دارند و زراعت لوبیا در این مناطق می‌تواند با محدودیت آب مواجه شود. بنابراین، استفاده از روش‌هایی برای استفاده درست از منابع آب موجود ازجمله اسـتفاده از روش‌هـای کم‌آبیـاری و کشت گیاهان و ژنوتیپ‌های متحمل می‌تواند بسیار مـؤثر باشـد (Vafabakhsh et al., 2012). هرچند کشاورزان تمایل دارند که از حداکثر آب برای آبیاری جهت افزایش تولید استفاده کنند، در شرایط آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک، حتـی در شـرایط عـدم محدودیت آب نیز آبیاری زیاد منطقی نیست؛ بنابراین در چنـین شـرایطی بایـد کـارایی مصـرف آب را در مزرعـه بهینـه کـرد (Moutonnet, 2002). کم‌آبیاری یک راهبرد بهینه‌سازی اسـت. در این روش، به گیاه به‌صورت هدفمنـد اجـازه داده می‌شـود تـا درجاتی از کم‌آبی و کاهش عملکرد را تحمل کنـد (English & Raja, 1996). کم‌آبیـاری بـه‌عنوان روشـی بـرای بهینـه کـردن افزایش مصـرف آب و کـاهش هزینـه، همـراه بـا تحمـل تـنش متوسط آب، بدون و یا با کـاهش جزئـی در عملکـرد و کیفیـت گیـــاه، در منـــاطق خشـــک و نیمه‌خشـــک پذیرفتـــه شـــده است (Ghorbanli et al., 2013) و می‌تواند جهت دست‌یابی به تولیـد بیشـتر در محصـولات کشـاورزی در منـاطق خشـک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار گیـرد (Habibi et al., 2006). در بررسی اثر کم‌آبیاری بر ژنوتیپ‌های لوبیا مشخص شد که تعداد و وزن دانه، تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیـک و شـاخص برداشـت کـاهش معنـی‌داری در شرایط کم‌آبیاری نشان می‌دهند، به‌طوری‌که بیشترین عملکـرد دانـه در رژیـم آبیـاری تـأمین ۱۰۰ و ۸۰ درصـد نیـاز آبـی، از ژنوتیپ C.O.S.16 به دست آمـد، درحالی‌کـه ایـن ژنوتیـپ در شرایط تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی، موفق به تولید دانه نشـد و در این سطح آبیاری ژنوتیپ KS21486 بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصـاص داد. همچنـین نتـایج نشـان داد کـه از دو جـزء اصـلی عملکـرد دانـه (تعـداد دانـه و وزن دانـه)، تعـداد دانـه حساسیت بالاتری به کمبود آب داشت و در اثـر کـاهش میـزان آب آبیاری با شدت بیشتری نسبت به وزن دانـه کـاهش نشـان داد. در اثر کاهش میزان آب، عملکرد دانـه نسـبت بـه عملکـرد بیولوژیک با شدت بیشتری کاهش یافت و به تبـع آن، شـاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز کمتر شـد (Karimzadeh et al., 2017).

یکی از راهکارهای کاهش هزینـه تولیـد لوبیـا در کشـور، مصرف بهینه آب است و با توجه به اینکـه اسـتان زنجـان جـزء منـاطق خشـک و نیمه‌خشـک بـوده و بـا مشـکل کمبـود آب به‌خصوص در فصل تابستان مواجـه اسـت، می‌تـوان بـا انتخـاب مناسب‌ترین دور آبیاری در زراعت لوبیا گـام مـؤثری در جهـت استفاده بهینه از منابع آبی موجود برداشت. در همین راسـتا، در این تحقیق کوشش شده است که اثرات تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجـزاء عملکـرد در ۱۶ لایـن و رقـم لوبیـا چیتـی ارزیـابی و

ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در شرایط محدودیت آب تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات کم‌آبیاری بر روی برخی از صفات فنولوژیک و زراعی لوبیا چیتی، ۱۴ ژنوتیپ امیدبخش لوبیا چیتی حاصل از برنامه‌های اصلاحی (جدول ۱) در دو سال زراعی متوالی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ به همراه ارقام رایج منطقه (صدری و کوشا) در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان در دو شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفتند. اعمال کم‌آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه و در مرحله سومین سه برگچه‌ای لوبیا صورت گرفت. در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری، دور آبیاری براساس پنج روز و نه روز یک بار بود. آزمایش‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم پائیزه و بهاره، دیسک و استفاده از لولر بود. قبل از کاشت برای مبارزه با علف‌های هرز از سم ترفلان به‌میزان دو لیتر در هکتار استفاده شد. کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) قبل از کاشت به زمین آزمایش داده شد. بر این اساس، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۸۰ کیلوگرم در هکتار پتاس از منبع سولفات پتاسیم قبل کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در دو مرحله و در نهایت، اسید هیومیک به‌میزان ۴ کیلوگرم در هکتار همراه با آب آبیاری استفاده شد. بذور ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی (تهیه شده از ایستگاه تحقیقات حبوبات خمین) قبل از کاشت با سم قارچ‌کش کاربوکسین تیرام با دز دو در هزار ضدعفونی شدند. شرایط دمایی و میزان بارندگی در طی دو سال مورد بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است. بذور هر ژنوتیپ در یک کرت شامل چهار ردیف به‌طول چهار متر با فواصل بین ردیف ۵۰ و فواصل بوته در روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. در طول مرحله رشد، علاوه‌بر مراقبت‌های زراعی معمول از قبیل وجین علف‌های هرز و سم‌پاشی علیه آفت کنه (پروپارژیت به‌میزان دو لیتر در هکتار طی دو مرحله)، یادداشت‌برداری‌های لازم از صفاتی مانند تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن، فرم بوته، تعداد بوته در کرت، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف انجام گردید. پس از برداشت محصول، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد در هکتار اندازه‌گیری شد. در صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف میانگین پنج بوته در نظر گرفته شد.

با استفاده از آزمون‌های بارتلت و F ماکس هارتلی، یکنواختی واریانس خطای آزمایشی ارزیابی گردید. برای این منظور، تجزیه واریانس ساده صفات در هر سال و هر دور آبیاری به‌صورت جداگانه انجام شد. در پایان دوره دوساله و به‌منظور بررسی اثر متقابل سال × ژنوتیپ، تجزیه واریانس مرکب بر روی داده‌ها انجام شد. میانگین صفات توسط آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند. از تحلیل کوواریانس برای حذف اثر متغیر مداخله‌گر (تعداد بوته) استفاده شد تا عملکرد دانه با دقت بیشتری برآورد شود. سپس ضرایب همبستگی ساده بین صفات و مدل رگرسیون گام‌به‌گام صفات مؤثر بر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری محاسبه شدند. از عامل تورم واریانس VIF برای تعیین وجود چند هم‌خطی و ارزیابی ضعف یا قوت ضرایب رگرسیون استفاده شد. به‌منظور درک بهتر روابط بین صفات، ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تجزیه شدند (Dewey & Lu, 1959). تمام تجزیه‌های آماری توسط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شدند.

نتایج و بحث

با استفاده از واریانس خطاهای آزمایشی محاسبه شده برای صفات مختلف در دورهای آبیاری پنج روز و نه روز و در دو سال، یکنواختی واریانس خطای آزمایشی ارزیابی گردید. برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، F ماکس هارتلی و برای صفات تعداد بوته در کرت، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد تست بارتلت معنی‌دار شدند. این دو تست برای بقیه صفات غیرمعنی‌دار بودند، بنابراین می‌توان داده‌های مربوط به دو دور آبیاری در دو سال مورد بررسی برای بقیه صفات را یکنواخت ارزیابی کرد (جدول ۴). بهتر است از چند آزمون برای تست غیریکنواختی واریانس‌ها استفاده کرد و در صورت معنی‌دار نبودن حتی یکی از روش‌ها نتیجه‌گیری شود که واریانس‌های اشتباه‌های درون تیماری یکنواخت می‌باشند (Valizadeh & Moghadam, 2010)؛ بنابراین برای صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد می‌توان یکنواختی واریانس‌های درون تیماری را در نظر گرفت.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی مورد مطالعه در دو شرایط نرمال و کم‌آبیاری

Table 1- Chiti bean genotypes studied under normal and low irrigation conditions

کد Code	ژنوتیپ Genotype	منشأ ژنوتیپ Genotype origin
G1	KS21500	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G2	KS21538	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G3	KS21565	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G4	KS21563	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G5	KS21597	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G6	KS21600	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G7	KS21601	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G8	KS21606	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G9	KS21607	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G10	KS21492	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G11	KS21255	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G12	KS21184	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G13	TAYLOR	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G14	KS21495	تهیه شده از ایستگاه تحقیقات خمین Prepared from Khomein National Research Station
G15	Sadri (Check)	مرکز زنجان Zanjan
G16	Kosha (Check)	مرکز زنجان Zanjan

جدول ۲- مشخصات خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

Table 2- Specifications of the soil of the field where the experiment was carried out

بافت Texture	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	کربن آلی Organic carbon	مواد خنثی شونده (٪) Neutralizing substances (%)	واکنش گل اشباع Saturated mud reaction	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conduction ($dS.m^{-1}$)	درصد اشباع Saturation percentage
Silty loam	20	46	34	0.54	4.7	7.4	0.61	46

جدول ۳- شرایط دمایی و میزان بارندگی در طی دو سال انجام آزمایش در طول دوره رشد

Table 3- Temperature and rainfall during the two years of the experiment during the growth period

	سال Years	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
دما Temperature	2021-2022	8.8	12.5	28.6	16.5	23.5	18.9
	2022-2023	9.9	13.7	29.9	16.9	25.4	21.7
بارندگی Rain	2021-2022	14.2	30.9	3.1	0	13.4	0
	2022-2023	36.5	53.3	15.7	1.8	13.2	0.1

جدول ۴- واریانس خطاهای آزمایشی در دوره‌های مختلف آبیاری در دو سال زراعی و آزمون‌های F max هارتلی و بارتلت برای ارزیابی یکنواختی واریانس‌ها

Table 4- Variance of experimental errors in different irrigation cycle in two crop years and F_{max} Hartley and Bartlett's tests to evaluate the uniformity of variances

دور آبیاری Irrigation Cycles	سال Years	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد بوته در کرت Plant per plot	تعداد غلاف در بوته Pod per Plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد Yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
دور آبیاری پنج روز 5-DIC	2021-2022	0.92	24.4	86.82	429.15	1.08	0.28	375629.4	5.73
	2022-2023	0.77	22.91	90.94	316.93	1.17	0.168	216975.8	4.56
دور آبیاری نُه روز 9-DIC	2021-2022	0.73	36.06	45.01	362.17	1.76	0.24	290793.9	5.29
	2022-2023	1.2	43.24	51.7	275.68	1.47	0.22	282658.4	3.42
ماکس هارتلیF F_{max} Hartley		18.89**	1.89	2.01	1.55	1.37	1.67	1.73	1.67
تست بارتلت Bartlets test		1.64	3.55	2.59	7.68*	5.19	2.08	8.31*	15.88**

5-DIC: دور آبیاری پنج روز، 9-DIC: دور آبیاری نُه روز

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

** and *: significant at the level of 1% and 5%, respectively

نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۵) نشان داد که بین دورهای آبیاری پنج و نه روز در صفات تعداد بوته در کرت و تعداد غلاف در گیاه در سطح یک درصد و در صفات ارتفاع بوته و عملکرد در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. لازم به ذکر است که آزمون F برمبنای امید ریاضی با در نظر گرفتن ژنوتیپ به‌عنوان عامل ثابت و دورهای آبیاری و سال به‌عنوان عامل متغیر انجام گرفت. بین سال‌های مورد مطالعه از نظر صفات تعداد روز تا رسیدگی و عملکرد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۵). بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر تمامی صفات مورد مطالعه (به‌جز تعداد بوته در کرت) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. معنی‌دار شدن اختلاف بین ژنوتیپ‌ها بیانگر تنوع ژنتیکی بالا در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد نظر می‌باشد. تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌ها و ارقام برای بیشتر صفات عملکردی و زراعی در ژنوتیپ‌های لوبیا گزارش شده است (Mohammadi et al., 2017). وجود تنوع بالای برای کلیه صفات مورد مطالعه در بین ژنوتیپ‌های لوبیا و مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، اطلاعات ارزشمندی را درباره اثرات مختلف محیط بر عملکرد و ارزیابی پایداری عملکرد ارقام لوبیا فراهم می‌کند (Becker & Leon, 1988). اثرات متقابل دوگانه ژنوتیپ × سال برای اکثر صفات (به‌جز تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سال‌های آزمایش بود. معنی‌دار بودن اثرات متقابل دوگانه ژنوتیپ × سال، نشان‌دهنده ناپایداری صفات ژنوتیپ‌های مختلف در سال‌های مختلف است. به‌عنوان مثال، معنی‌دار بودن ژنوتیپ در سال برای صفت ارتفاع بوته نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف در سال‌های مختلف ارتفاع یکسانی را ندارند که با توجه به شرایط مختلف اقلیمی (از قبیل میزان بارش، پراکندگی بارش، دمای هوا و ....) در سال‌های مختلف،

منطقی به نظر می‌رسد. بنابراین، به نتایج حاصل از اثرات متقابل ژنوتیپ در سال اشاره نشده است.

تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و رسیدن

دور آبیاری نُه روز، به‌ترتیب باعث افزایش دو و سه روز در تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدن شد، ولی این اختلافات معنی‌دار نبود (جدول ۶). همچنین شرایط اقلیمی سال دوم باعث کاهش معنی‌دار و شش روزه در تعداد روز تا رسیدن شد (جدول ۷). ژنوتیپ‌های G13، G1، G6 و G2 دارای کمترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و ژنوتیپ‌های G9، G1، G5 و G2 دارای کمترین تعداد روز تا رسیدن بودند (جدول ۸). البته با توجه به میانگین‌ها مشاهده می‌شود که اکثر ژنوتیپ‌ها اختلاف چندانی از نظر طول دوره گل‌دهی تا رسیدن نداشتند، ولی در برخی دیگر مانند G13 و G9 این وضعیت متفاوت است، به‌صورتی‌که علی‌رغم تعداد روز تا گل‌دهی کمتر، متوسطرس (G13) و یا با تعداد روز تا گل‌دهی متوسط، زودرس (G9) بودند. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌های G11 و G12 با ۱۱۳ روز تا رسیدن، دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. مرحله بحرانی و حساس رشد به کمبود رطوبت، گل‌دهی و اوایل غلاف‌بندی است که به‌ترتیب ۴۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۶۰ درصد از فصل رشد را در بر می‌گیرد. در دوره‌های قبل از گل‌دهی و پس از رسیدگی غلاف‌ها، لوبیا نسبتاً به خشکی متحمل است. در این زمان‌ها لوبیا می‌تواند ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش آب خاک را بدون تأثیر قابل توجه بر عملکرد تحمل کند، ولی در طول گل‌دهی و نمو غلاف‌ها، رطوبت خاک در منطقه ریشه نباید بیش از ۵۰ درصد (ترجیحاً ۴۰ درصد) تخلیه شود تا از کاهش عملکرد جلوگیری گردد (Salehi, 2015).

ارتفاع بوته

دور آبیاری نُه روز باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته شد (جدول ۶). کاهش ارتفاع بوته لوبیا چیتی در اثر شرایط تنش خشکی در آزمایش‌های دیگری نیز تأیید شده است (Hasheme-Jazi & Danesh, 2004). به‌دلیل اینکه در شرایط تنش خشکی، فشار تورژسانس سلول‌های ساقه که در حال ازدیاد طول می‌باشند، کاهش می‌یابد و از طرفی، تولید مواد اصلی فتوسنتز نیز کم می‌شود، لذا طول میان‌گره‌های ساقه و در نتیجه، ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Emam & Nycnejad, 2004). افزایش ارتفاع بوته لوبیا چیتی در شرایطی که منجر به ایجاد تعداد شاخه‌های فرعی بیش‌تر شده و تعداد بیش‌تری غلاف و دانه در غلاف تولید شود، ارزشمند است. علت آن، کاهش رقابت درون و برون گونه‌ای برای استفاده از آب و مواد غذایی ذکر شده است (Mohammadi et al., 2005). بین سال‌های مورد مطالعه نیز تفاوتی از نظر ارتفاع بوته مشاهده نشد (جدول ۷). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز ژنوتیپ‌های G13، G1، G2، G3 و G4 دارای کمترین میزان ارتفاع بودند و از نظر تیپ رشدی می‌توان این ژنوتیپ‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های تیپ ۱ معرفی کرد (جدول ۸).

تعداد غلاف در بوته

دور آبیاری نُه روز باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شد، به‌طوری‌که میانگین تعداد غلاف از ۱۰/۸۸ در دور آبیاری پنج روز به ۸/۲۱ در دور آبیاری نُه روز کاهش یافت (جدول ۶). به‌طور کلی، می‌توان بیان کرد که تنش آبی می‌تواند موجب کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاه لوبیا شود (Bonanno & Mack, 1983). تعداد غلاف یکی از مهم‌ترین اجزاء عملکرد دانه در تعیین عملکرد لوبیا است که به‌صورت ژنتیکی بوده است، ولی تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه گرما و خشکی نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). در نخود به حساسیت تعداد غلاف در بوته نسبت به تنش خشکی اشاره شده است. کاهش فراهمی مواد فتوسنتزی یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته است، زیرا تعداد غلاف در تنش خشکی بحرانی بوده و عاملی مهم برای کاهش عملکرد دانه خواهد بود (Singh et al., 1987). از طرف دیگر، کاهش میزان آب آبیاری با افزایش ریزش در غلاف‌ها نیز همراه خواهد بود که در سویا (*Glycin max* L.) و لوبیا گزارش شده است و می‌تواند سبب کاهش تعداد غلاف در بوته شود. این ریزش می‌تواند به کاهش پتانسیل آب و افزایش تجمع در اندام‌های زایشی نسبت داده شود (Salehi, 2015). قابل ذکر است که تعداد غلاف در گیاه می‌تواند علاوه‌بر اثر مستقیم، به‌طور غیرمستقیم و از طریق تعداد دانه در بوته بر عملکرد تأثیر بگذارد. در تحقیقی دیگر مشخص شد که اعمال تنش خشکی بعد از شروع مرحله تشکیل غلاف با کاهش تشکیل و همچنین افزایش ریزش غلاف‌ها در بدو تشکیل دانه در گیاه نخود همراه است (Behboudian et al,. 2001). بین سال‌های مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد غلاف در بوته مشاهده نشد (جدول ۷). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز بیشترین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ‌های G8، G15، G7 و G4 و کمترین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ‌های G2، G13، G16، G11 و G1 مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات لوبیا چیتی در دورهای آبیاری و سال‌های مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مورد نظر

Table 5- Combined analysis of variance for chiti bean genotypes studied traits in different irrigation regimes during experimental years

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares							
		روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد بوته در کرت Plant per plot	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد دانه Seed yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
دور آبیاری Irrigation cycle	1	97.75	1131.02	3579.4*	23320.1**	344**	2.76	21808618.1*	545.4
سال Year	1	128.4	5440**	10.55	800.33	8.76	3.26	32927078.9**	561.7
دور آبیاری × سال Irrigation cycle × year	1	0.13	36.75	112.6	6.75	10.55	0.63	608963.4	75.25
خطای ۱ Error1	8	0.88	53.48	94.6	708.26	3.71	0.068	586888.45	3.56
ژنوتیپ Genotype	15	219.93**	505.1**	9630**	1629.07	43.54**	2.12**	2468597.4**	207.4**
ژنوتیپ × دور آبیاری Genotype × irrigation cycle	15	0.62	9.63	8831	398.12	2.08	0.055	111804.4	2.01
ژنوتیپ × سال Genotype × year	15	39.02**	141**	242.3**	2620.2**	11.63	0.33	883364.6*	22.6**
ژنوتیپ × دور آبیاری × سال Genotype × irrigation cycle × year	15	0.907	22.07	29.66	194.4	4.89	0.13	883364.6	3.73
خطای ۲ Error2	120	0.96	31.4	143.57	346.16	3.802	0.23	291514.4	5.31
ضریب تغییرات CV (%)		2.12	5.56	19.06	8.67	20.42	9.34	21.5	5.5

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

** and *: significant at the level of 1% and 5%, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی تحت شرایط دورهای آبیاری مختلف

Table 6- Mean comparisons of studied traits of chiti beans genotypes under different irrigation cycles

دور آبیاری Irrigation cycles	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد بوته در کرت Plant per plot	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد دانه Seed yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
دور آبیاری پنج روز 5-DIC	45.08 [a]	98.26 [a]	67.2 [a]	225.5 [a]	10.88 [a]	5.24 [a]	2851.4 [a]	43.61 [a]
دور آبیاری نُه روز 9-DIC	46.95 [a]	101.11 [a]	58.86 [b]	202.7 [b]	8.21 [b]	5 [a]	2177.4 [b]	40.24 [a]

5-DIC: دور آبیاری پنج روز، 9-DIC: دور آبیاری نُه روز

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سال در صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی

Table 7- Comparison of means of the crop years in chiti bean cultivars on the investigated traits

سال Years	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد بوته در کرت Plant per plot	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد Yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-grain weight
2022-2023	46.72 [a*]	106 [a]	63.11 [a]	216.5 [a]	9.76 [a]	5.25 [a]	2928.5 [a]	43.63 [a]
2021-2022	45.3 [a]	95.4 [b]	62.64 [a]	211.7 [a]	9.32 [a]	4.99 [a]	2100.3 [b]	40.22 [a]

* در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

تعداد دانه در غلاف

بین دو دور آبیاری از نظر تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در شرایط مختلف محیطی، تعداد دانه در غلاف باثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب می‌شود، زیرا در یک ژنوتیپ معین تعداد سلول‌های تخم در همه تخمدان‌ها تقریباً برابر است (Koocheki & Banayane Avval, 1994). بااین‌حال، بروز تنش خشکی موجب کاهش تولید ماده خشک در گیاه شده و متعاقب آن تعدادی از دانه‌های تولید شده، سقط می‌گردد. هرچند، اختلاف کم این شاخص در تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تأثیر ژنوتیپ می‌باشد و کم‌آبیاری تأثیر چندانی بر آن ندارد. این نتایج در نخود (*Cicer arietinum* L.) (Ghasemi Golezani et al., 1997) و لوبیا (Boutraa & Sanders, 2001) نیز گزارش شده است. البته ممکن است تنش شدید خشکی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف نیز شود. تنش‌های محیطی از طریق ایجاد محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه‌ها، تعداد دانه در غلاف را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Mendham & Salisbury, 1995). تعداد دانه در غلاف از اجزاء مهم عملکرد دانه در لوبیا است که به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). از نظر این صفت بین دو سال مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). بیشترین تعداد دانه در غلاف در ژنوتیپ‌های G2، G1، G16 و G5 و کمترین تعداد دانه در غلاف در ژنوتیپ G9 مشاهده شد (جدول ۸).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفت عملکرد دانه نشان می‌دهد (جدول ۵) که بین دورهای آبیاری، سال‌ها و ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. از طرف دیگر، تفاوت موجود بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفت تعداد بوته در کرت (علی‌رغم معنی‌دار نبودن)، یکسان نبودن تعداد بوته موجود در هر واحد آزمایشی را نشان می‌دهد و حاکی از آن است که تفاوت ژنوتیپ‌های

آزمایشی در برخی از صفات مانند عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه، ممکن است علاوه‌بر پتانسیل ذاتی هر ژنوتیپ، تحت تأثیر تعداد بوته در کرت (تراکم) نیز قرار بگیرد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تغییر در تراکم در کشت لوبیا در وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد مؤثر است (Faraji et al., 2010). میانگین تعداد بوته در کرت نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین تعداد بوته در کرت، به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های G15 با ۲۴۰ بوته و G12 با ۱۹۳ بوته در واحد کرت تعلق داشت. بنابراین، از تجزیه کوواریانس که مدل ادغام شده آنوا (ANOVA) و روش‌های رگرسیونی برای متغیرهای پیوسته است، برای تصحیح مقادیر عملکرد دانه استفاده شد (جدول ۹). تجزیه کوواریانس نشان داد که علاوه‌بر اثرات دور آبیاری، سال و ژنوتیپ، متغیر کمکی (کوواریت) نیز در تجزیه مرکب صفت عملکرد معنی‌دار است (جدول ۹). مقایسه‌های میانگین نشان داد که دور آبیاری نُه روز باعث کاهش عملکرد شد، به‌طوری‌که در دور آبیاری نُه روز، کاهشی در حدود ۲۰ درصد در عملکرد دانه وجود داشت (۲۷۵۷/۲۵ در مقابل ۲۲۷۱/۵۲ کیلوگرم). خشکی سبب کاهش در اندازه برگ‌ها، وزن خشک اندام هوایی، شاخص سطح برگ، تعداد برگچه، متوسط سطح برگ و فشار تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌شود. کاهش آماس سلولی اولین اثر خشکی است که موجب می‌شود سرعت رشد محصول و اندازه نهایی آن کاهش یافته و به دنبال آن، سرعت رشد و نمو، رشد ساقه و برگ در اثر کم شدن مقدار واحدهای فتوسنتزکننده، تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به بخش‌های مختلف کم شده و در نهایت، عملکرد کاهش یابد (Hu et al., 2013). در شرایط کم‌آبی به‌دلیل آسیب دیدن فرایندهای فیزیولوژیک (فتوسنتز)، تولید گیاه کم می‌شود. کاهش ساخت مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای، به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش کمبود آب، کاهش تعداد غلاف و ناباروری تعداد بیشتری از غلاف‌های تشکیل شده را به دنبال خواهد داشت (Wakrim et al., 2005). دلیل احتمالی دیگر می‌تواند این باشد که در پایان دوره رشد به‌دلیل کمبود آب قابل‌دسترس، قدرت انتقال مواد پرورده به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه می‌شود. عدم تشکیل دانه یا کاهش شدید آن در تیمارهای کم‌آبیاری شدید در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Bayat et al., 2010a). علاوه‌بر تولید ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام مختلف گیاه از نظر عملکرد اقتصادی بسیار مهم است (Chaves et al., 2003) به نظر می‌رسد که در شرایط کم‌آبیاری، عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک با شدت بیشتری کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش شاخص برداشت می‌شود. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که به‌دلیل تأثیرگذاری خشکی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز در تیمارهای تحت تنش کاهش می‌یابد (Gebeyehu, 2006). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به‌دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و نیز دوام آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هرچه بیشتر از نور دریافتی، باعث افزایش تولید ماده خشک شده می‌شود (Bayat et al., 2010b). مقایسه بین میانگین عملکرد تعدیل شده ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که ژنوتیپ‌های G8، G10، G14 و G15 دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های G13 و G2 دارای کمترین عملکرد دانه بودند (جدول ۱۰). با توجه به اجزاء عملکرد ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا مشخص می‌شود که این ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته و تاحدودی وزن ۱۰۰ دانه بالاتر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها هستند. ارقام لوبیا از نظر مقدار تجمع ماده خشک در شرایط تنش خشکی، تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند (Rosales-Serna et al., 2004). ارقام مقاوم به خشکی ممکن است بازده بالاتری در تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به‌سمت دانه‌ها داشته باشند (Samper & Adams, 1985). در آزمایشی روی چهار رقم لوبیا مشخص شد که کم‌آبی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و محتوای آب نسبی برگ را کاهش می‌دهد و البته شدت این کاهش در همه ارقام یکسان نیست (Rosales-Serna et al., 2002). در همین زمینه، تفاوت‌های ژنوتیپی زیادی در مقاومت به خشکی در لوبیا گزارش شده است (Abebe et al., 1998).

وزن ۱۰۰ دانه

تجزیه کوواریانس نشان داد که تنها اثر ژنوتیپ معنی‌دار بوده و متغیر کمکی (کوواریت) معنی‌دار نیست (جدول ۹). مقایسه‌های میانگین نشان داد که دور آبیاری نُه روز باعث کاهش غیرمعنی‌دار در وزن ۱۰۰ دانه شد (۴۳/۶۱ گرم در شرایط دور آبیاری پنج روز در مقابل ۴۰/۲۴ گرم در دور آبیاری نُه روز). وزن ۱۰۰ دانه از اجزاء مهم عملکرد دانه در لوبیا است که به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (Salehi, 2015). تنش خشکی با تحت تأثیر قرار دادن درجه باز شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کلوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به‌میزان زیادی کاهش دهد (Pessarakli, 2001) و از این راه، به‌طور مستقیم موجب کاهش وزن ۱۰۰ دانه (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (Sylspur et al., 2006). بنابراین، کاهش وزن ۱۰۰ دانه در تیمار تنش خشکی را می‌توان به تسریع پیری گیاه و کاهش ظرفیت فتوسنتزی (Salehi, 2015) و پدید آمدن دانه‌های چروکیده با وزن کمتر مربوط دانست. البته در این بررسی،

تسریع پیری در شرایط دور آبیاری نُه روز مشاهده نشد، به‌طوری‌که مدت زمان رسیدن در دور آبیاری پنج روز ۹۸ و در دور آبیاری نُه روز ۱۰۱ روز بود (اختلاف غیرمعنی‌دار) که این مغایر با نتایج محققان دیگر است؛ به‌طور کلی، کمبود آب در مراحل رویشی و زایشی همراه با افزایش تراکم به‌علت افزایش رقابت برای آب و مواد غذایی باعث کاهش وزن ۱۰۰ دانه می‌شود. علت این موضوع می‌تواند کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که موجب کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث تقلیل وزن ۱۰۰ دانه می‌گردد. تأمین آب مورد نیاز و دمای بهینه در حین دوره گل‌دهی باعث حصول عملکرد بالا در گیاه لوبیا می‌گردد. در گیاه نخود فرنگی معلوم شده است که در طی دوره گل‌دهی، تنش خشکی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌شود (Lesznyak et al., 2008). به نظر می‌رسد که در شرایط کمبود آب، ابتدا تعداد دانه و در مرحله بعد وزن دانه کاهش می‌یابد، این نتایج توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Karimzadeh et al., 2017). علت این موضوع می‌تواند کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که باعث کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث کاهش وزن ۱۰۰ دانه در تیمارهای تحت تنش شده باشد (Wakrim et al., 2005). مقایسه بین میانگین‌های تعدیل شده ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که ژنوتیپ‌های G11، G8، G16 و G13 دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های G3، G4 و G7 دارای کمترین وزن ۱۰۰ دانه بودند (جدول ۱۰).

جدول ۸- مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی از نظر صفات مورد مطالعه

Table 8- Comparison of means between chiti bean genotypes in terms of studied traits

ژنوتیپ Genotype	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد بوته در کرت Plant per plot	تعداد غلاف در بوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد دانه (کیلوگرم) Seed yield (kg)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed weight (g)
G1	40.58 f*	93.33 de	39.92 g	206.17 gh	7.25 c	5.67 ab	2458.1 ad	41.83 ab
G2	41.75 f	95.58 ce	37.33 g	200.50 h	7.08 c	5.83 a	2084.3 bd	43.10 ab
G3	43.92 df	99.25 ce	40.92 g	219.83 d	10.25 ac	5.17 ce	2526.5 ad	34.04 d
G4	44.08 df	98.58 ce	41.92 g	213.5 ef	11.25 ab	5.00 de	2520.7 ad	34.42 cd
G5	45.75 af	95.50 ce	63. 0 ef	231.67 b	8.42 bc	5.50 ad	2716.0 ac	43.67 ab
G6	40.58 f	96.58 ce	44.92 fg	211.17 fg	10.00 ac	5.08 ce	2509.6 ad	43.54 ab
G7	50.92 ad	105.50 ad	50.83 eg	205.75 gh	11.50 ab	5.25 be	2701.1 ac	34.29 cd
G8	46.67 af	99.25 ce	57.42 eg	224.83 c	12.50 a	5.17 ce	3372.5 a	45.58 a
G9	44.42 df	92.75 e	43.75 g	220.75 cd	10.17 ac	4.08 f	2427.4 ad	44.58 ab
G10	45.92 af	107.33 ac	55.58 eg	218.42 de	11.17 ab	4.75 e	3042.0 ab	42.80 ab
G11	52.33 a	113.67 ac	110.58 ab	201.75 h	7.67 c	4.92 e	2234.8 bd	46.32 a
G12	51.83 ab	113.42 ac	124.50 a	193.58 i	8.42 bc	5.00 de	2022.9 cd	43.76 ab
G13	40.42 f	98.25 ce	36.33 g	209.25 fg	7.33 c	4.83 e	1527.6 d	45.03 a
G14	51.25 ac	101.42 be	95.67 bc	218.17 de	10.08 ac	5.25 bce	2851.8 ac	43.48 ab
G15	49.17 ae	104.25 ae	96.83 bc	240.33 a	12.33 a	4.83 e	3048.2 ab	39.10 bc
G16	46.67 af	96.33 ce	66.58 ce	210.17 fg	7.33 c	5.58 ac	2186.9 bd	45.33 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

جدول ۹- تجزیه کوواریانس عملکرد دانه و وزن ۱۰۰ دانه در دورهای آبیاری و سال‌های مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 9- Covariance analysis of grain yield and 100 seed weight in irrigation cycles and studied years in studied traits genotypes.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares	
		عملکرد Yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight
دور آبیاری Irrigation cycle	1	21808618.13*	545.4
سال Year	1	32927078.76**	561.7
دور آبیاری×سال Irrigation cycle ×year	1	608963.38	75.25
خطای ۱ Error1	8	586888.45	3.56
ژنوتیپ Genotype	15	2468597.39**	207.39**
ژنوتیپ × دور آبیاری Genotype× irrigation cycle	15	111804.44	2.01
ژنوتیپ × سال Genotype×year	15	883364.58**	22.58**
ژنوتیپ × دور آبیاری × سال Genotype× irrigation cycle ×year	15	88635.87	3.72
کوواریت Covariate	1	3032450.5**	9.51
خطای ۲ Error2	119	268481	5.28
ضریب تغییرات CV (%)		18.6	6.71

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

** and *: significant at the level of 1 and 5 percent, respectively

تجزیه همبستگی و رگرسیون

بررسی همبستگی بین صفات مورد بررسی در این تحقیق نشان داد که ارتفاع بوته در هر دو دور آبیاری پنج و نه روز با صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدن همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. همچنین عملکرد دانه نیز در هر دو دور آبیاری پنج روز و نه روز همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با تعداد غلاف در بوته نشان داد. از طرف دیگر، در هر دو دور آبیاری، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه همبستگی منفی غیرمعنی‌دار نشان داد (جدول ۱۱). نتایج حاصل با نتایج پژوهش‌های دیگر نیز تا حدودی مطابقت دارد (Azizi et al., 2001). همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف، وزن غلاف، تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف توسط امینی (Amini, 1998) گزارش شده است. در ماش (*Vigna radiata* L.) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با روز تا گل‌دهی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت گزارش شده است (Kumar et al., 2002). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در لوبیا صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه نقش مهمی در تعیین عملکرد بوته داشته و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آن مورد توجه باشند (Liebman et al., 1995).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی از نظر صفات وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه (تصحیح شده)

Table 10- Average comparison between chiti bean genotypes in terms of traits of weight of 100 seeds and grain yield (corrected average)

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield (kg.h^{-1})	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-grain weight (g)
G1	2529.1 ^{abcd*}	41.7 ^{ab}
G2	2153.85 ^{bcd}	42.98 ^{ab}
G3	2480.75 ^{abcd}	34.12 ^{d}
G4	2529.03 ^{abcd}	34.4 ^{cd}
G5	2569.15 ^{abc}	43.93 ^{ab}
G6	2537.88 ^{abcd}	43.49 ^{ab}
G7	2775.66 ^{abc}	34.16 ^{cd}
G8	3284.03 ^{a}	45.73 ^{a}
G9	2373.84 ^{abcd}	44.67 ^{ab}
G10	3008.36 ^{ab}	42.86 ^{ab}
G11	2343.51 ^{bcd}	46.12 ^{a}
G12	2201.45 ^{cd}	43.44 ^{ab}
G13	1572.26 ^{d}	44.95 ^{a}
G14	2820.32 ^{abc}	43.53 ^{ab}
G15	2828.27 ^{ab}	39.49 ^{bc}
G16	2223.76 ^{bcd}	45.27 ^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each column, the numbers with common letters do not have a significant difference at the 1% level based on LSD test

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی بین عملکرد و صفات اندازه‌گیری شده در دورهای آبیاری پنج و نه روز

Table 11- Correlation coefficients between yield and traits measured in irrigation cycles of 5 and 9 days

صفات Traits	شرایط Conditions	روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف دربوته Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed per pod	عملکرد دانه Seed yield
روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی	5-DIC	-					
Days to 50% flowering	9-DIC	-					
روز تا رسیدن	5-DIC	0.77**	-				
Days to maturity	9-DIC	0.74**	-				
ارتفاع بوته	5-DIC	0.84**	0.75**	-			
Plant height	9-DIC	0.82**	0.76**	-			
تعداد غلاف دربوته	5-DIC	0.29	0.13	-0.03	-		
Pod per plant	9-DIC	0.26	0.14	0.01	-		
تعداد دانه در غلاف	5-DIC	-0.16	-0.23	-0.14	-0.44	-	
Seed per pod	9-DIC	0.07	-0.21	-0.08	-0.4	-	
عملکرد دانه	5-DIC	0.27	0.03	0.08	0.72**	0.01	-
Seed yield	9-DIC	0.31	0.03	0.06	0.83**	-0.12	-
وزن ۱۰۰ دانه	5-DIC	0.02	0.03	0.31	-0.52*	-0.07	-0.03
100 Seedweight	9-DIC	-0.02	-0.05	0.24	-0.375	-0.05	-0.17

5-DIC: دور آبیاری پنج روز، 9-DIC: دور آبیاری نُه روز

5-DIC: 5-day Irrigation Cycle, 9-DIC: 9-day Irrigation Cycle

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

** and *: significant at the level of 1% and 5%, respectively

جهت تفکیک نقش اجزاء تشکیل‌دهنده صفت عملکرد، از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده گردید. در این روش، متغیر عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. تجزیه رگرسیون در هر دو دور آبیاری نشان داد که تجزیه رگرسیون معنی‌دار بوده و صفات بر روی عملکرد دانه تأثیر دارند. در هر دو دور آبیاری برای هر یک از متغیرهای مستقل وارد شده به مدل رگرسیونی، فاکتور تورم واریانس (VIF) محاسبه و معلوم گردید که بین متغیرهای مستقل، هم‌خطی وجود ندارد. نتایج نشان داد که در دور آبیاری پنج روز (جدول ۱۲) صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه در مدل رگرسیونی وارد شده و معنی‌دار هستند. از طرف دیگر، با توجه به ضریب رگرسیون استاندارد شده می‌توان دریافت که صفت تعداد غلاف در بوته دارای بیشترین تأثیر مثبت بر عملکرد دانه است. در مقابل، در شرایط دور آبیاری نُه روز، تنها صفت تعداد غلاف در بوته وارد مدل شده و معنی‌دار است و صفات دیگر تأثیر چندانی بر عملکرد دانه ندارد (جدول ۱۳). در لوبیا سفید، نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که صفات تعداد روز تا پر شدن غلاف، تعداد روز تا رسیدگی دانه، طول بلندترین غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و طول ریشه اصلی بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند (Safapour et al., 2009). در بررسی ۲۵۰ نمونه از کلکسیون لوبیا قرمز بانک ژن گیاهی ملی ایران از لحاظ صفات مختلف با انجام تجزیه رگرسیون مشاهده شد که صفات وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ۹۷/۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه تک بوته را توجیه کرده و بیشترین اثر مستقیم را بر آن داشتند (Rahimi Chegeni et al., 2017). در بررسی روابط میان صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا سفید، قرمز و چیتی با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام، تعداد غلاف در ساقه‌های فرعی مهم‌ترین جزء مؤثر در تغییرات عملکرد بود و تعداد غلاف در ساقه اصلی، وزن ۱۰۰ دانه و تعداد دانه در غلاف در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (Azizi et al., 2001).

جدول ۱۲- رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه، به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در دور آبیاری پنج روز

Table 12- Results of stepwise regression for grain yield, as dependent variable, and other traits as independent variable in 5 days irrigation cycles

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares	ضریب تبیین تعدیل شده R^2 Adjust
رگرسیون Regression	3	904883.41**	0.707
باقی‌مانده Residual	12	69190.57	
صفات وارد شده به مدل Attributes entered into the model	**ضریب رگرسیون Regression coefficient**	**ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient**	**عامل تورم واریانس Variance inflation factor**
مقدار ثابت Constant	-5580.3±1891.5	-	-
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	280.71**±46.01	1.197	1.97
تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pods	599.8**±18.9	0.557	1.445
وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	51.21*±19.8	0.459	1.61

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

** and *: Significant at the probability level of 1% and 5%, respectively

جدول ۱۳- رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه، به‌عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در دور آبیاری نُه روز
Table 13- Results of stepwise regression for grain yield, as dependent variable, and other traits as independent variable in 9 days irrigation cycles

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares	ضریب تبیین تعدیل شده R^2 Adjust
رگرسیون Regression	1	2017348.62**	0.67
باقی‌مانده Residual	14	63479.9	
صفات وارد شده به مدل Attributes entered into the model	**ضریب رگرسیون Regression coefficient**	**ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient**	**عامل تورم واریانس Variance inflation factor**
مقدار ثابت Constant	521.69±300.38	-	
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	280.71**±35.78	0.833	1

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

** and *: Significant at the probability level of 1 and 5%, respectively

نتیجه‌گیری

کشت لوبیا در کشور به‌عنوان یک زراعت تابستانه تابع محدودیت‌های مختلف اقلیمی و اکولوژیکی است، به‌طوری‌که تولید این محصول با حداقل مصرف نهاده‌هایی چون آب می‌تواند ارزش اقتصادی این محصول را در مقایسه با سایر محصولات تابستانه حفظ نماید. با توجه به نتایج این بررسی می‌توان دریافت که دور آبیاری نُه روز باعث کاهش ارتفاع گیاه، عملکرد دانه و اجزاء آن شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه می‌شود. بنابراین، عملکرد دانه گیاه لوبیا چیتی به‌شدت به کمبود آب حساس می‌باشد. در دورهای آبیاری پنج و نه روز بیشترین ارتباط عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته مشاهده شد. بااین‌حال، در دور آبیاری پنج روز، صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه و در دور آبیاری نُه روز، تنها صفت تعداد غلاف در بوته وارد مدل شده و بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند. ازاین‌رو این صفات مهم‌ترین اجزاء مؤثر بر عملکرد دانه در این شرایط محسوب می‌شوند و با توجه میزان زیادی از تغییرات موجود در عملکرد دانه می‌توانند برای بهبود عملکرد دانه لوبیا در برنامه‌های اصلاحی جهت شرایط مختلف محیطی به‌عنوان مبنا برای انتخاب قابل توجه باشند.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح پژوهشی انجام یافته با کد مصوب ۴-۴۷-۰۳-۱۵-۰۱۰۲۴۶ در سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی می‌باشد. بدینوسیله از تمامی همکارانی که در طول مدت انجام این طرح همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Abebe, A., Brick, M. A., & Kirkby, R. (1998). Comparison of selection indices to identify productive dry bean lines under diverse environmental conditions. *Field Crops Research*, *58*, 15-23. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00082-3

Agricultural statistics for the year 2018-2019: Crops (1): Information and Communication Technology Center of the Ministry of Agricultural Jihad.

Amini, A. (1998). Investigating the genetic and geographical diversity of 576 bean cultivars of Karaj Faculty of Agriculture Gene Bank using multivariate statistical methods. M.Sc. Thesis in Agriculture, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

Azizi, F., Rezaei, A., & Mirmohammadi Maybodi, S. A. M. (2001). Genetic and phenotypic variability and factor analysis for morphological traits in genotypes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources-Water and Soil Science*, *5*, 127-141. (In Persian with English Abstract)

Bayat, A. A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. (2010a). The effect of water stress on the yield and yield components of spotted beans genotypes. *Journal of Agronomical Sciences of Iran*, 45, 42-45. (In Persian with English Abstract)

Bayat, A. A. Sepehri, A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. R. (2010b). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *12*(1), 42-54. (In Persian with English Abstract). http://dx.doi.org/20.1001.1.15625540.1389.12.1.4.1

Behboudian, M. H., Turner Ma, Q. N. C., & Palta, J. A. (2001). Reactions of chickpea to water stress: Yield and seed composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *81*, 1288-1291. https://doi.org/10.1002/jsfa.939

Becker, H. C. & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, *101*, 1-25. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1988.tb00261.x

Bonanno, A. R. & Mack, H. J. (1983). Yield components and pod quality of snap bean grown under differential irrigation. *Journal of American Society Horticultural Science*, *108*, 837-844. https://doi.org/10.21273/jashs.108.5.832

Boutraa, T., & Sanders, F. E. (2001). Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, *187*(4), 251-257. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2001.00525.x

Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, *30*(3), 239-264. https://doi.org/10.1071/fp02076

Dewey, D. R., & Lu, K. H. (1959). A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agronomy Journal*, *51*, 515-518. https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100090002x

Dorri, H. R., Ghanbari, A. A., Lak, M. R., & Bani Jamali, M. (2017). Guide to beans. First volume. Publication of Agricultural Education, Karaj, Iran. 124 p.

Ebadi, M., Majnoon Hosseini, N., & Chai Chi, M. (2016). Effect of root fungus and humic compounds on yield and yield components of single cross 704 maize under low irrigation conditions. *Journal of Crop Science*, *47*(2), 174-165. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2016.58851

Emam, Y., & Nycnejad, M. (2004). Introduction on Plant Physiology. Shiraz University Press, Shiraz, Iran. 571 p.

English, M., & Raja, S. N. (1996). Review perspective on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, *32*, 1-14. https://doi.org/10.1016/S0378-3774(96)01255-3

Faraji, H., Gholizadeh, S., Owliaiee, H. R., & Azimi Gandomani, M. (2010). Effect of plant density on grain yield of three spotted bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars in Yasouj condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, *1*(1), 43-50. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V1I1.6338

Faramarzi, A., Jamshidi, S., & Salehi, M. (2008). Study of drought stress at different growth stages on yield and yield components of three chitti bean cultivars. Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj, Iran. p. 465. (In Persian)

Frahm, M. A., Rosas, J. C., Mayek-Pérez, N., López-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J. A., & Kelly, J. D. (2004). Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica*, *136*(2), 223-232. https://doi.org/10.1023/b:euph.0000030671.03694.bb

Ghasemi Golezani, K., Movvahedi, M., Rahimzadeh Khoei, F., & Moghaddam, M. (1997). Effect of water deficit on growth and yield of two pea cultivars in different densities. *Iranian Journal of Agricultural Science*, *7*(3-4), 17-42. (In Persian with English Abstract)

Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirkian, T., & Mamaghani, B. A. (2013). Investigation on proline, total protein, chlorophyll ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. *Iran Journal of Plant Physiology*, *3*, 651-658. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.30495/IJPP.2013.540675

Gebeyehu, S. (2006). Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. Cuvillier Verlag, Gottingen, Germany. http://dx.doi.org/10.22029/jlupub-16880

German, C., & Teran, H. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Science*, *46*, 2111-2120. https://doi.org/10.2135/cropsci2006.01.0029

Habibi, G., Ghanadha, M., Soohani, A., & Dorri, H. R. (2006). Study of seed yield with some important agronomic traits relationships in red common bean by different methods statistics at limited irrigation condition. *Agricultural Science*, *13*(3), 1-13. (In Persian with English Abstract)

Hasheme-Jazi, S. M., & Danesh, A. (2004). Effect of row spacing and plant distances in row on grain yield and yield component in pinto bean cv. Talash. *Iranian Journal of Agricultural Science*, *2*, 154-162. (In Persian with English Abstract)

Hu, Y. Y., Zhang, Y. L., Yi, X. P., Zhan, D. X., Luo, H. H., Chow, W. S., & Zhang, W. F. (2013). The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. *Journal of Integrative Agriculture, 13*(5), 975-989. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60568-7

Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M., & Tadayon, M. (2017). Effects of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genotypes in Shahrekord. *Iranian Journal of Pulses Research, 8*(1), 113-126. https://doi: 10.22067/ijpr.v8i1.49118

Khoshvaghti, H., Ghasemi-Golozani, K., Zehtab-Salmasi, S., & Alyari, H. (2008). Effect of limited water on growth, cover canopy and seed yield of chitti bean cultivars. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj, Iran. p. 464-465. (In Persian)

Koocheki, A., & Banayane Avval, M. (1994). The physiology of crop yield. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Kumar, J., Singh, H., Singh, T., Tonk, D. S., & Lal, R. (2002). Correlation and path coefficient analysis of yield and its components in summer moong (*Vigna radiate* L. Wilczek). *Crop Research*, *24*, 374-377.

Lesznyak, M., Hunyadi Borbely, E., & Csajbok, J. (2008). The role of nutrient-water-supply and the cultivation in the yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Cereal Research Communications, 36*, 1079-1082. https://doi.org/10.1556/crc.35.2007.2.141

Liebman, M., Corson, A., Rowe R. J., & Halteman, W. A. (1995). Dry bean response to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management system. *Agronomy Journal, 87*, 538-546. https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700030024x

Mendham, N. J., & Salisbury, P. A. (1995). Physiology. Crop development. Growth and yield In: D. Kimbers & D. I. Mc Greagor (Eds). CAB international, 11-67.

Mohammadi, A., Bihamta, M. R., & Dorri, H. (2017). Determination of phenotypic correlation coefficients and causality analysis of some traits of broad bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under non-stress and drought stress conditions. *Journal of Agriculture, Water, Soil and Plant Research, 8*(2), 135-144. (In Persian with English Abstract)

Mohammadi, G., Javanshir, A., Khooie, F., Mohamadi, R., & Zehtab Salmasi, S. (2005). Critical period of weed interference in chickpea. *Weed Research, 45*(1), 57-63. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00431.x

Moutonnet, P. (2002). Yield response factors of field crops to deficit irrigation. FAO Irrigation and Drainage; pp. 22. Rome, Italy. http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3655E/Y3655E00.HTM

Nasirzadeh, L., Majnoon-Hossaini, N., & Ahmadi, A. (2008). Effect of water stress and nitrogen fertilizer on yield in D81083 common bean cultivar. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj, Iran. p. 469. (In Persian)

Pessarakli, M. (2001). Handbook of Plant and Crop Physiology. Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York, p. 997. https://doi.org/10.1201/9781003093640

Rahimi Chegeni, A., Bihamta, M. R., & Khodarahmi, M. (2017). Evaluation of different characteristics of wheat genotypes under drought stress using multivariate statistical. *Journal of Crop Breading, 9*, 147-155. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.29252/jcb.9.21.147

Ramirez-Vallejo, P., & Kelly, J. D. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica, 99*, 127-136. https://doi.org/10.1023/A:1018353200015

Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-Lo'pez, C., Soritz-Cereceres, J. & Kelly, J. D. (2004). Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stresses common bean cultivars. *Field Crops Research*, *85*, 203-211. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00161-8

Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J. A., Trejo-López, C., Ortiz-Cereceres, J., & Kelly, J. D. (2002). Yield and phenological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, 45*, 198-199.

Safapour, M., Khagani, S., Amirabadi, M., Teymouri, M., & Bazyan, M. K. (2009). Statistical analysis of the effect of water stress on phenological and agronomical traits of white bean genotypes. *The New Agricultural Findings, 4*, 367-378. (In Persian with English Abstract)

Salehi, F. (2015). Principles of breeding and cultivation of common bean. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 265 p.

Samper, C., & Adams, M. W. (1985). Geometric mean of stress and control yield as a selection criterion for drought tolerance. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, *28*, 53-54.

Singh, S. H. (2007). Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal, 99*, 1919-1225. https://doi.org/10.2134/agronj2006.0301

Singh, D. P., Singh, P., Sharma, H. C., & Turner, N. C. (1987). Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research, 16*, 231-241. https://doi.org/10.1016/0378-4290(87)90062-1

Stephens, D. B. (1994). A perspective on diffuse natural recharge mechanism in areas of low precipitation. *Soil Science Society of American Journal, 58*, 40-48. https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800010006x

Sylspur, M., Jaafari, P., & Mollahosseiny, H. (2006). Effect of drought stress and plant density on yield and some agronomy traits of corn (*Zea mays*). *Journal of Agricultural Sciences, 2*, 13-24. https://doi.org/10.4236/as.2014.52016

Teran, H., & Singh, S. P. (2002). Comparison of sources and lines selected for drought on resistance in common bean. *Crop Science, 42*, 46-51. https://doi.org/10.2135/cropsci2002.6400

Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., & Koocheki, A. (2012). Effect of drought stress on yield and radiation use efficiency of rape seed (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Crop Research, 6*(1), 193-204. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/GSC.V6I1.1191

Valizadeh, M., & Moghadam, M. (2010). Experimental Designs in Agriculture. Fourth Ed. Privar Publishers, Iran.

Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., & Serraj, R. (2005). Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment, 106*(2-3), 275-287. https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.019